

Propuesta de trabajo final de licenciatura en física: Cadenas de iones como sistemas cuánticos abiertos

Cecilia Cormick - contacto: ccormick@famaf.unc.edu.ar

1. Objetivos:

La línea de investigación apunta a la comprensión y control de sistemas cuánticos abiertos. Esto es, sistemas cuánticos acoplados a un entorno compuesto típicamente por un conjunto muy grande de grados de libertad que no pueden controlarse del todo. La presencia del ambiente puede modificar drásticamente el comportamiento del sistema, no necesariamente en forma detrimental: por medio de ambientes diseñados es posible realizar computación cuántica universal [1], y recientemente se han señalado ejemplos ilustrando la potencialidad del ruido para optimizar la eficiencia en procesos de transporte, en particular en sistemas biológicos [2].

Los objetivos generales de esta línea de trabajo son:

1. La comprensión de la interrelación de fenómenos coherentes e incoherentes en sistemas fuera de equilibrio y en regímenes no perturbativos.
2. La utilización de dinámica no unitaria para la generación de estados no clásicos y para optimizar procesos de transporte en cadenas de iones.

Los temas propuestos son relevantes desde diferentes puntos de vista:

1. A nivel de los fundamentos de la mecánica cuántica, es interesante la comprensión del régimen intermedio entre el comportamiento puramente clásico y el puramente cuántico, cuando el acoplamiento al entorno es fuerte pero una descripción semiclásica no es apropiada.
2. Desde una perspectiva más amplia, el trabajo apunta a la profundización en la descripción de fenómenos presentes en forma natural en una gran variedad de sistemas correspondientes a las áreas de estudio de la física de materia condensada, óptica cuántica, físico-química o biofísica.
3. En términos de aplicaciones, el control de sistemas cuánticos abiertos es esencial para protocolos que involucren manipulación de información cuántica (para computación, simulaciones de sistemas físicos o distribución de claves) [3], pero también atrae interés por la potencialidad para mejorar la eficiencia en la emulación artificial de procesos naturales como la fotosíntesis [4].

2. Dinámica no unitaria en cadenas de iones:

La generación de estados no clásicos (entrelazados o deslocalizados) a través de dinámica no unitaria proporciona una alternativa para obtener los estados deseados en forma estacionaria, independiente del estado inicial, y, en algunos casos, más resistente a errores y fluctuaciones en los parámetros del sistema. Esta línea de investigación ya ha dado lugar a notables resultados

experimentales como el mantenimiento del entrelazamiento durante una hora en un sistema macroscópico [5] o la creación de estados con entrelazamiento multipartito [6].

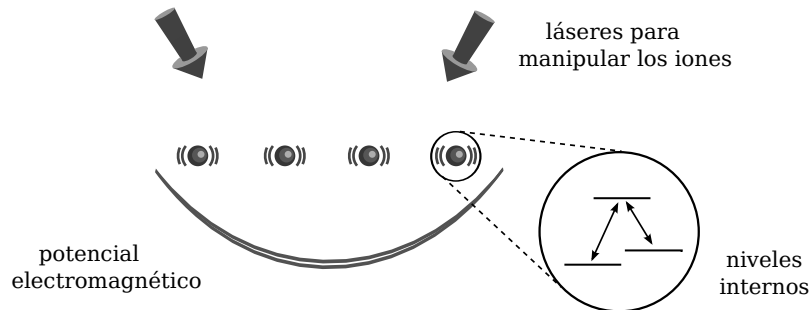


Figura 1: Esquema de una implementación típica de protocolos cuánticos en una trampa lineal de iones. Por medio de campos electromagnéticos, los iones son confinados formando una cadena. Series de pulsos láseres permiten acoplar los grados de libertad internos (electrónicos) a los externos (modos normales colectivos). Los láseres también se utilizan para la preparación inicial y la medición final de los estados vibracionales y electrónicos.

En una cadena lineal de iones (Figura 1), es posible acoplar por medio de láseres los grados de libertad internos (electrónicos) al movimiento de los iones [7]. En combinación con la repulsión de Coulomb entre iones, esta clase de acoplamiento permite generar interacciones efectivas entre grados de libertad internos. Estas herramientas constituyen la base de los protocolos de información cuántica con iones ultrafríos, y los convierten en uno de los candidatos favoritos en la carrera por construir computadoras cuánticas.

Un posible tema de trabajo es el desarrollo de nuevas propuestas que utilicen estas técnicas de control de iones atrapados para crear superposiciones cuánticas en forma estacionaria y robusta. Otra idea relacionada es la implementación de sistemas exhibiendo dinámica no trivial a consecuencia de la combinación de términos de evolución unitarios y disipativos.

Referencias

- [1] F. Verstraete, M. M. Wolf y J. I. Cirac, **Nature Phys.** **5**, 633 (2009).
- [2] A. W. Chin, S. F. Huelga y M. B. Plenio, **Phil. Trans. Royal Soc. A** **370**, 3638 (2012). A. W. Chin, J. Prior, R. Rosenbach, F. Caycedo-Soler, S. F. Huelga y M. B. Plenio, **Nature Phys.** **9**, 113 (2013).
- [3] M. A. Nielsen y I. L. Chuang, *Quantum computation and quantum information*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. (2000).
- [4] M. R. Wasielewski, **Chem. Rev.** **92**, 435 (1992). G.D. Scholes, G.R. Fleming, A. Olaya-Castro y R. van Grondelle, **Nature Chem.** **3**, 763 (2011).
- [5] H. Krauter *et al.*, **Phys. Rev. Lett.** **107**, 080503 (2011).
- [6] J. T. Barreiro *et al.*, **Nature** **470**, 486 (2011).
- [7] H. Haeffner, C. F. Roos y R. Blatt, **Phys. Rep.** **469**, 155 (2008). D. Leibfried, R. Blatt, C. Monroe, y D. Wineland, **Rev. Mod. Phys.** **75**, 281 (2003).